

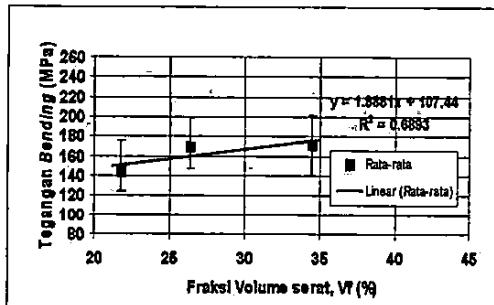
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

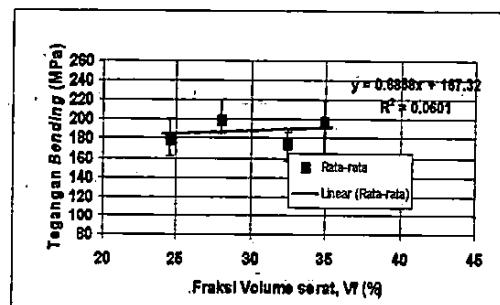
5.1. Pengaruh Kandungan Serat Terhadap Kekuatan Bending Komposit

Tabel 5.1 Sifat *bending* komposit serat nanas-nanasan *polyester*

3,60	21,76	175,59	144,48	124,08	3,88	3,47	3,15	4,34	4,07	3,65
4,00	26,38	198,57	169,67	147,00	4,91	3,96	3,12	4,54	4,17	3,91
4,00	34,44	201,30	172,35	140,52	5,00	4,06	3,35	4,22	4,08	3,96
4,03	39,85	206,00	152,15	85,33	4,60	4,04	3,70	4,54	3,75	2,40
2,37	24,57	200,60	179,28	162,24	5,18	4,69	4,23	4,06	3,75	3,44
2,57	28,03	220,57	199,34	185,83	5,42	5,16	4,95	3,89	3,65	3,46
4,03	32,41	187,37	174,52	157,04	4,86	4,60	4,44	4,00	3,77	3,46
4,17	34,90	219,63	198,39	164,92	5,16	4,72	3,94	4,10	4,07	4,00
2,73	23,27	181,20	141,12	110,70	4,97	3,80	2,77	3,72	3,61	3,52
2,40	30,17	228,57	202,84	162,40	6,28	5,57	4,40	3,58	3,44	3,29
3,73	34,22	228,05	204,95	189,35	6,21	5,92	5,77	3,87	3,46	3,22
3,90	37,34	204,90	202,78	199,66	5,75	5,32	4,98	3,96	3,71	3,47
2,50	22,69	187,50	169,34	144,67	4,75	4,21	3,69	4,06	3,85	3,74
2,60	25,30	212,54	187,66	160,62	5,09	4,90	4,70	4,07	3,69	3,13
3,50	28,20	227,24	193,67	160,37	5,09	4,51	3,66	4,21	4,09	3,85
4,40	34,96	244,17	218,06	180,30	5,07	4,77	4,28	4,69	4,39	4,10
2,27	24,36	207,07	162,38	122,09	5,05	4,49	4,17	4,01	3,47	2,81
2,47	30,05	187,98	184,74	182,96	5,31	4,47	3,83	4,57	4,01	3,28
3,57	33,45	197,20	188,20	173,74	4,63	4,41	4,26	4,38	4,14	3,96
4,00	38,82	225,31	207,50	186,62	5,70	5,17	4,66	4,22	3,88	3,74



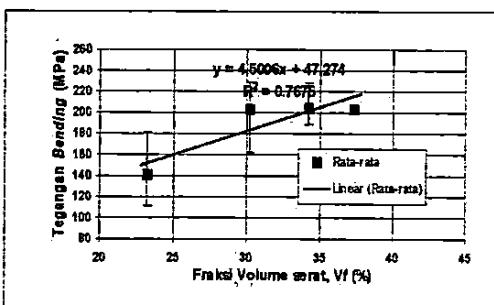
(a)



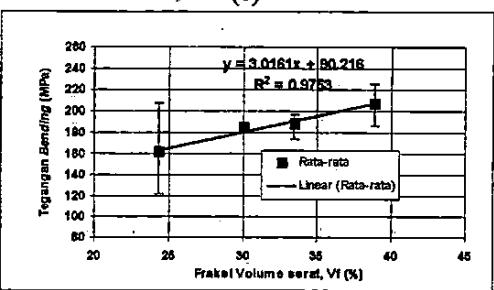
(d). Komposit yang diperkuat serat 6 jam perlakuan alkali

(e). Komposit yang diperkuat serat 8 jam perlakuan alkali

Komposit serat nanas-nanasan cenderung mengalami kenaikan tegangan *bending* seiring dengan bertambahnya fraksi volume, disebabkan kekuatan serat yang mendominasi pada kekuatan komposit. Beban *bending* yang diterima ditahan oleh matrik yang kemudian diteruskan merata pada serat. Pada penelitian ini belum didapat fraksi volume maksimal, karena terlihat dari grafik masih terlihat naik. Komposit serat nanas-nanasan *polyester* mengalami kenaikan tegangan *bending* optimum terjadi pada perendaman alkali 6 jam sebesar 218,06 MPa, dan terendah pada perendaman alkali 4 jam yaitu 141,12 MPa.



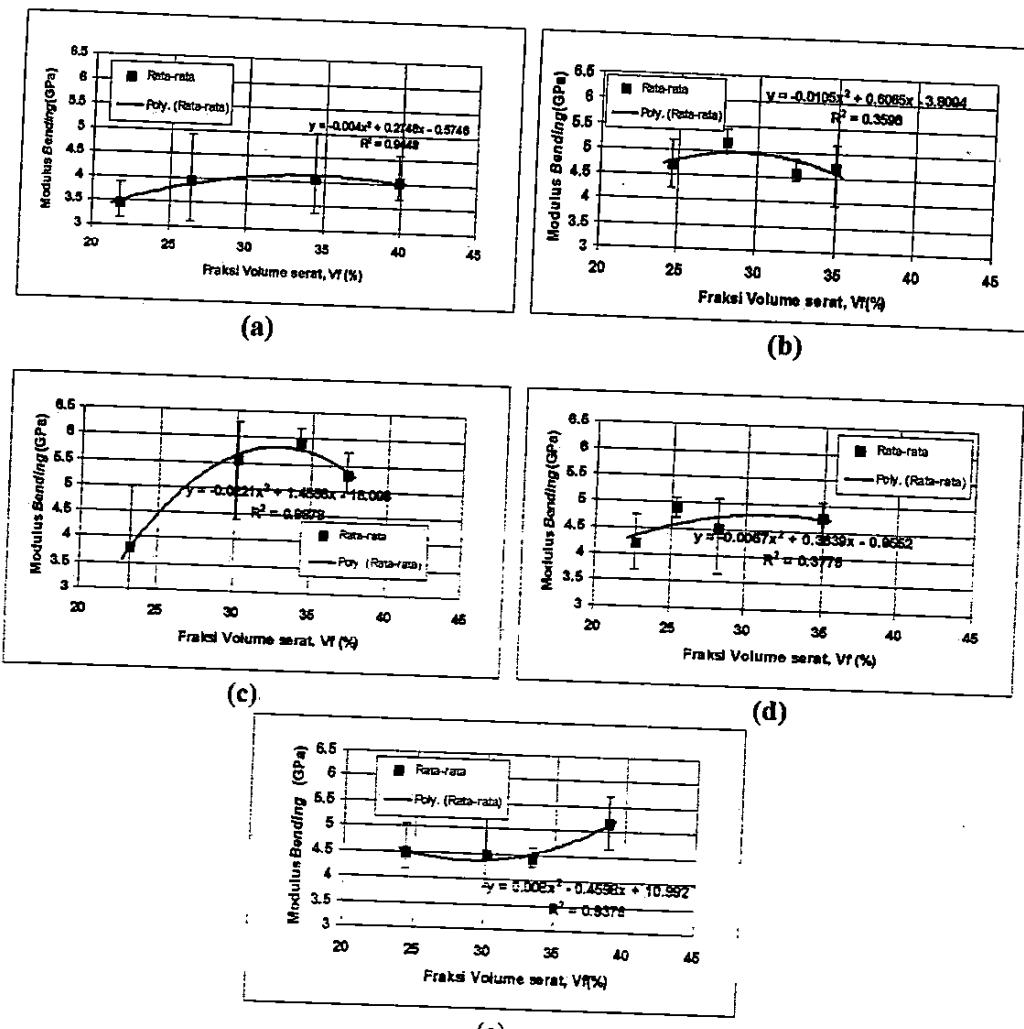
(c)



(e)

Gambar 5.1 Grafik hubungan tegangan *bending* dengan Fraksi volume

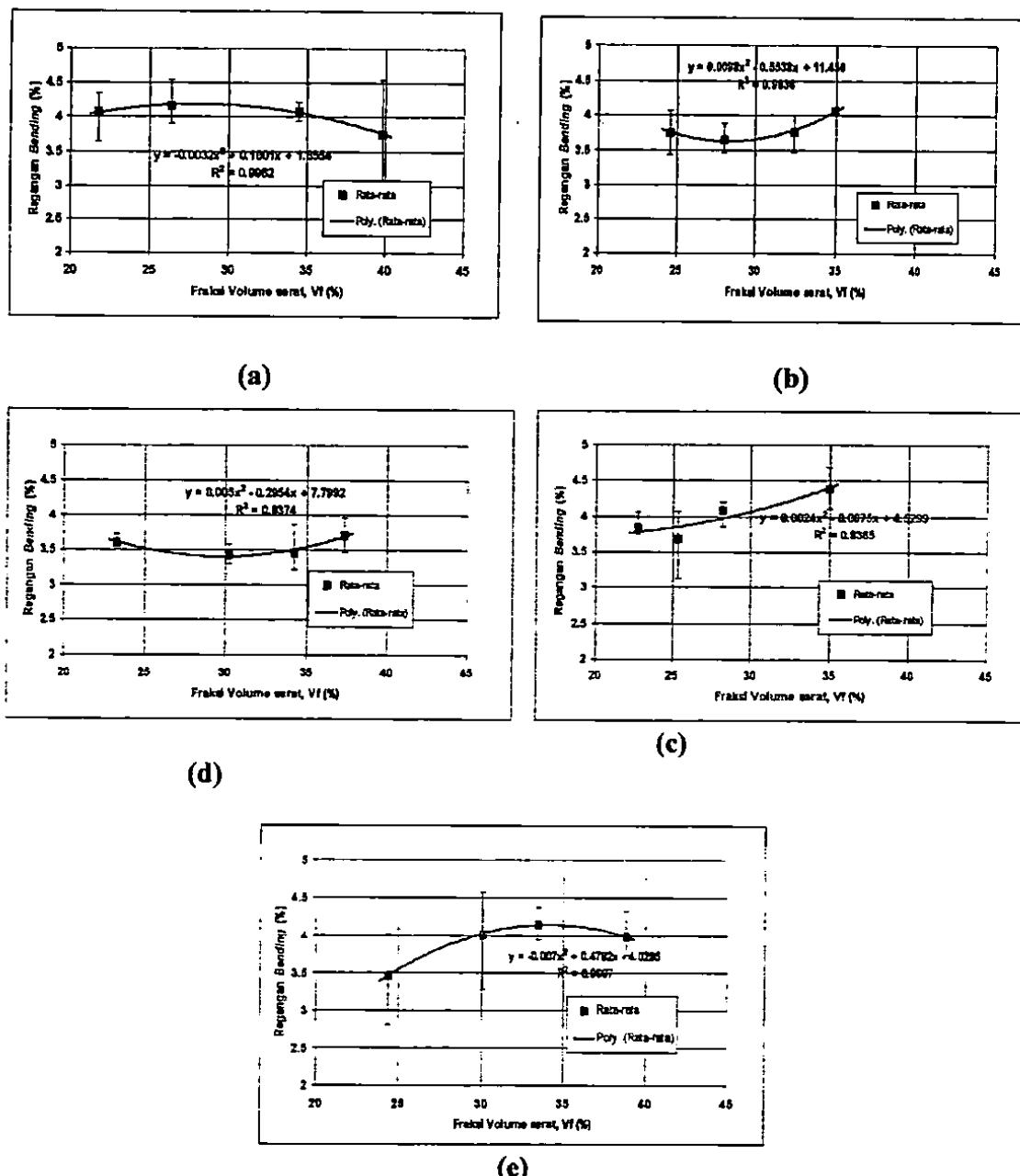
- Komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 2 jam perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 4 jam perlakuan alkali



Gambar 5.2. Grafik hubungan antara modulus elastisitas *bending* dengan fraksi volume

- Komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 2 jam perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 4 jam perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 6 jam perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 8 jam perlakuan alkali

Kenaikan modulus *bending* rata-rata pada semua perlakuan alkali secara teknis dan teoritis terjadi pada 4 jam perlakuan alkali sebesar 5,92 GPa pada fraksi volume 34,22% dan 5,87 GPa pada fraksi volume 32,93%, presentase kenaikannya 0,84%. Penurunan modulus *bending* rata-rata terendah pada semua perlakuan secara teknis dan teoritis terjadi pada tanpa perlakuan alkali sebesar 4,06 GPa pada fraksi volume 34,44% dan 4,14 GPa pada fraksi volume 32,93% presentase penurunan sebesar 1,93%. Ini disebabkan lapisan lignin pada serat masih belum terlepas, sehingga ikatan resin dengan serat belum optimal.



Gambar 5.3. Grafik hubungan antara Regangan *bending* dengan fraksi volume

- Komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 2 jam perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 4 jam perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 6 jam perlakuan alkali
- Komposit yang diperkuat serat 8 jam perlakuan alkali

Kenaikan regangan *bending* rata-rata optimum dari semua perlakuan secara teknis terjadi pada 6 jam perendaman sebesar 4,39% dengan fraksi volume 34,96%, namun secara teoritis terjadi kenaikan sebesar 4,14 pada perendaman 0 jam pada fraksi volume 29,14%. Dalam hal ini teoritis dan praktis sama.

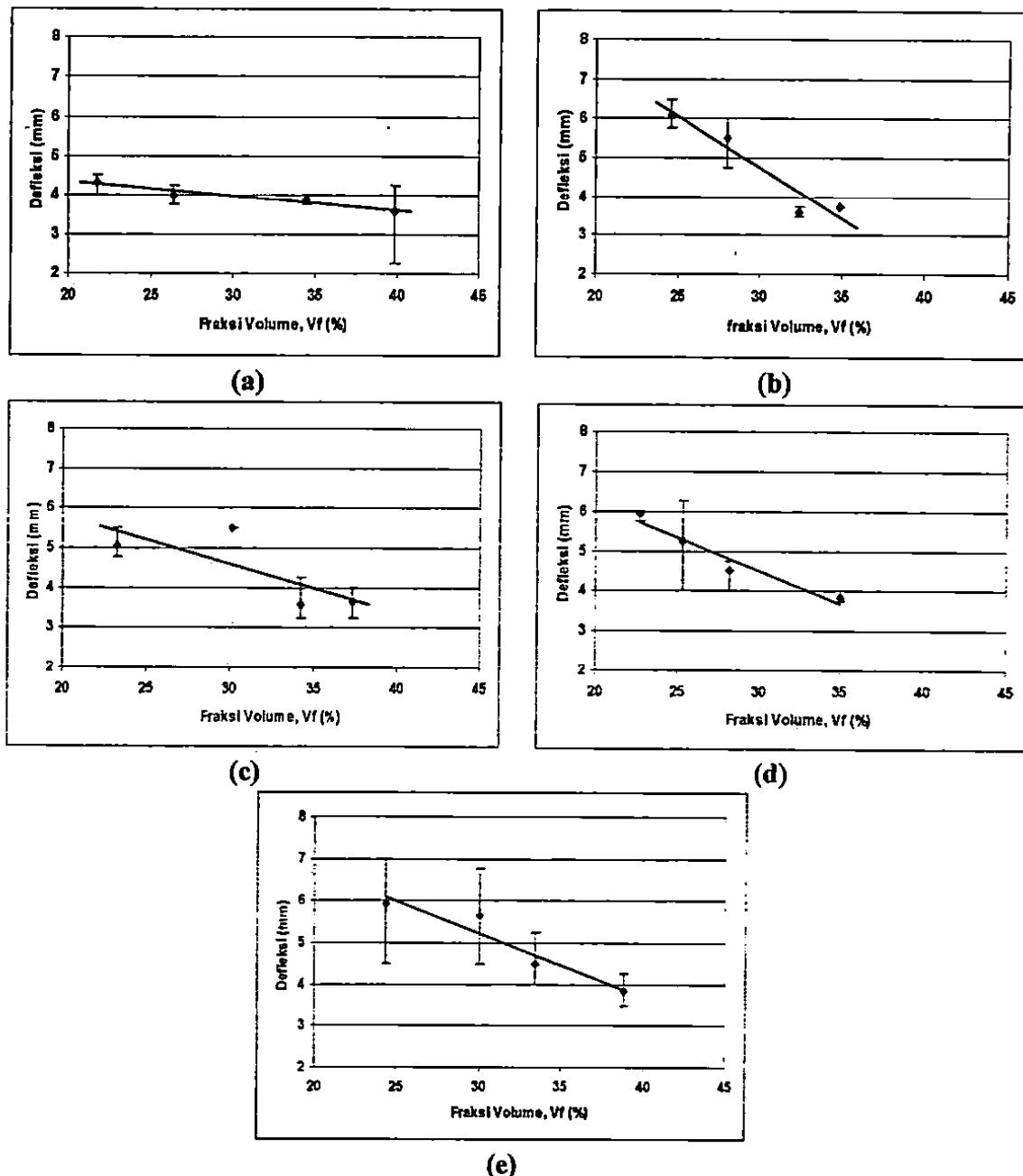
semua perlakuan alkali secara teknis dan teoritis terjadi pada perendaman 4 jam perlakuan alkali sebesar 3,46% pada fraksi volume 34,22% dan 3,44% pada fraksi volume 28,14%.

Ada beberapa faktor yang berpengaruh pada karakteristik kekuatan dari komposit serat nanas-nanasan, yaitu :

- a. Perbedaan diameter, semakin kecil diameter serat maka resin sebagai pengisi volume berfungsi dengan baik, sehingga serat akan semakin kuat terikat.
- b. Terjadinya porositas, adanya porositas menyebabkan kekuatan komposit menurun.
- c. Distribusi serat, terjadinya distribusi serat yang tidak merata dalam komposit pada percetakan serat ikut tergeser dari posisinya semula yang terbawa oleh aliran resin yang mengalir pada saat penekanan.
- d. Ketebalan komposit, ketebalan yang tidak sesuai dengan ketebalan rencana karena jumlah komosisi serat yang terlalu banyak.

Tabel 5.2 Hasil Defleksi Pengujian komposit serat nanas-nanasan *polyester*

		3,60	21,76	4,5	4,33	4
		4,00	26,38	4,25	4,00	3,75
		4,00	34,44	4	3,92	3,75
		4,03	39,85	4,25	3,58	2,25
0		2,37	24,57	6,5	6,08	5,75
2		2,57	28,03	6	5,50	4,75
4		4,03	32,41	3,75	3,58	3,5
4		4,17	34,90	3,75	3,75	3,75
4		2,73	23,27	5,5	5,08	4,75
4		2,40	30,17	5,5	5,50	5,5
4		3,73	34,22	4,25	3,58	3,25
4		3,90	37,34	4	3,67	3,25
6		2,50	22,69	6	5,92	5,75
6		2,73	25,30	6,25	5,25	4
6		3,50	28,20	4,75	4,50	4
6		4,40	34,96	4	3,83	3,75
8		2,27	24,36	7	5,92	4,5
8		2,47	30,05	6,75	5,67	4,5
8		3,57	33,45	5,25	4,50	4
8		4,00	38,82	4,25	3,83	3,5

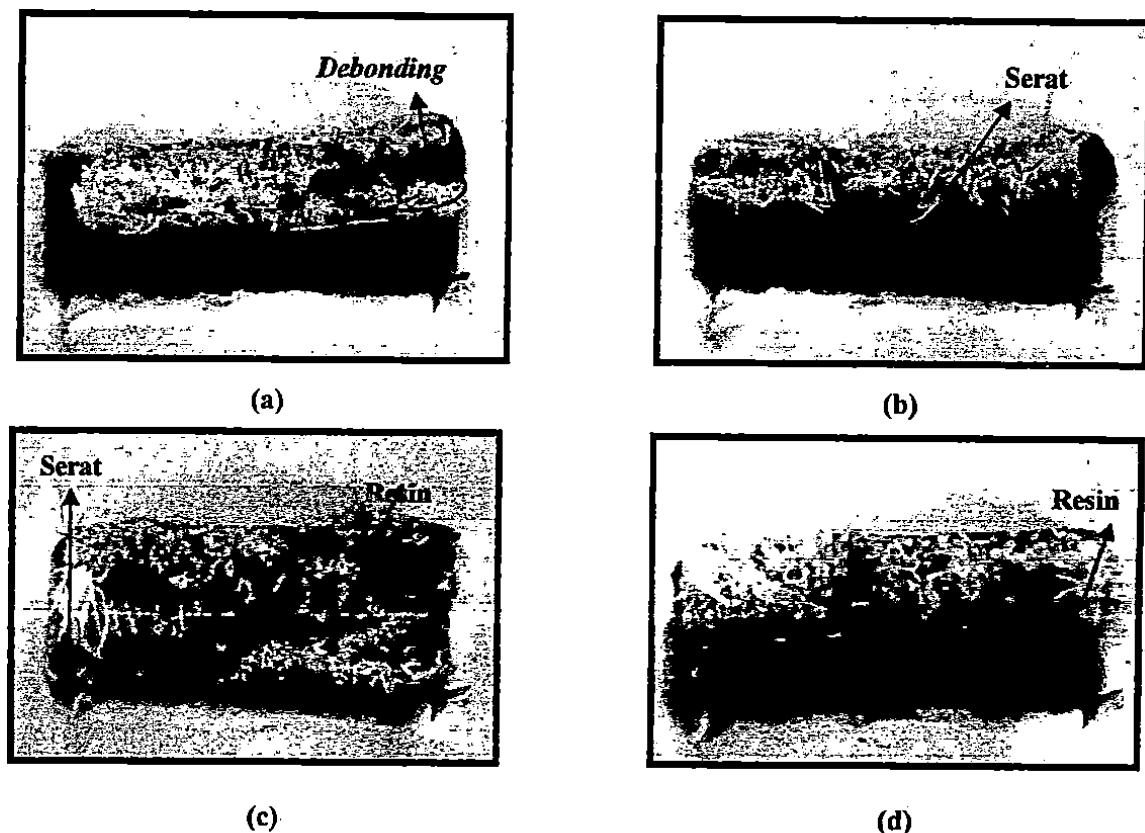


Gambar 5.4 Grafik hubungan Defleksi dengan Fraksi volume

- (a). Komposit yang diperkuat serat tanpa perlakuan alkali
- (b). Komposit yang diperkuat serat 2 jam perlakuan alkali
- (c). Komposit yang diperkuat serat 4 jam perlakuan alkali
- (d). Komposit yang diperkuat serat 6 jam perlakuan alkali
- (e). Komposit yang diperkuat serat 8 jam perlakuan alkali

Peningkatan fraksi volume serat menyebabkan penurunan defleksi. Penyebab turunnya defleksi adalah karena berkurangnya volume matrik pada komposit. Matrik bersifat lebih kaku daripada serat, sehingga berkurangnya matrik akan menambahkan bertambahnya defleksi pada komposit. Komposit

dengan perendaman serat 0 jam mempunyai nilai defleksi yang rendah karena ikatan antara serat dengan matrik tidak kuat. Pada permukaan serat masih terdapat lapisan lignin (lapisan lilin) yang melindungi serat. Komposit setelah mengalami perendaman lapisan lignin-nya akan terkikis sehingga ikatan antara matrik dengan serat menjadi lebih kuat. Hal ini menyebabkan nilai defleksi komposit lebih tinggi.



Gambar 5.5 Penampang patahan dengan variabel fraksi volume (a). $V_f = 22,69\%$; (b). $V_f = 25,30\%$; (c). $V_f = 28,20\%$; (d). $V_f = 34,96\%$ pada perendaman alkali 6 jam.

Kegagalan komposit pada pengujian *bending* dimulai dari bagian bawah akibat tegangan tarik. Kemampuan komposit pada perlakuan alkali 0 jam (gambar 5.5a), kegagalan terlihat jelas pada bagian bawah inilah yang menyebabkan terjadinya *fiber pull out* sebagai akibat dari kurang kuatnya ikatan *interface* antara serat dengan resin. Komposit tersebut selain mengalami *fiber pull out* juga mengakibatkan adanya *debonding*. Terlihat bahwa semakin lama perlakuan alkali

5.5d dan gambar 5.5e) disebabkan serat semakin halus sehingga daya rekat resin dengan serat cukup baik namun untuk kekuatan kompositnya sangat rendah.

Foto makro penampang patahan pada kekuatan *bending* optimum yang terjadi pada perlakuan alkali 6 jam (gambar 5.5) terlihat patahan yang rata yang menunjukkan ikatan matrik dengan serat cukup kuat sehingga matrik dan serat patah bersamaan saat terjadi kegagalan, meskipun pada penampang masih juga terdapat *fiber pull out* dengan jumlah yang tidak banyak.

5.2. Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Bending Komposit

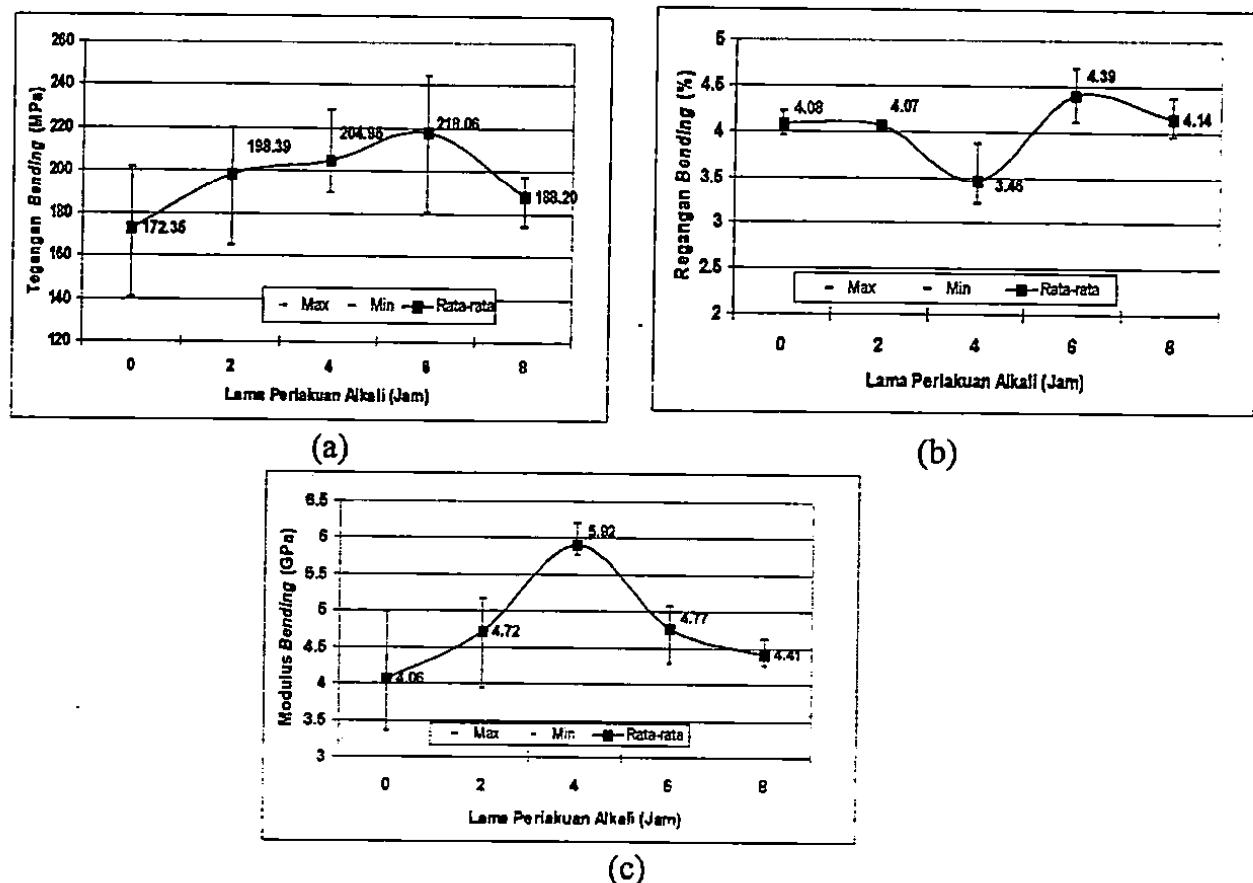
Tabel 5.3 Pengaruh lama perendaman alkali terhadap kekuatan bending komposit

4,00	34,44	201,30	172,35	140,52	5,00	4,06	3,35	4,22	4,08	3,96
4,17	34,90	219,63	198,39	164,92	5,16	4,72	3,94	4,10	4,07	4,00
3,73	34,22	228,05	204,95	189,35	6,21	5,92	5,77	3,87	3,46	3,22
4,40	34,96	244,17	218,06	180,30	5,07	4,77	4,28	4,69	4,39	4,10
3,57	33,45	197,20	188,20	173,74	4,63	4,41	4,26	4,38	4,14	3,96

Hasil pengujian komposit dengan penguat serat nanas-nanasan menunjukkan dengan semakin lamanya perlakuan alkali (NaOH) kekuatan *bending* cenderung semakin meningkat, kekuatan bending optimum terjadi pada 6 jam perendaman alkali sebesar 218,06 MPa. Hal ini terjadi karena lama perlakuan alkali menyebabkan terkikisnya lapisan luar serat (*lignin*) dan kotoran yang menempel. Namun pada 8 jam perendaman alkali disebabkan terlalu lama serat direndam mengakibatkan kekuatan dan kekakuan bahan berkurang.

Modulus *bending* komposit berpenguat serat nanas-nanasan yang optimum terjadi pada pengujian spesimen 4 jam perlakuan alkali, sebenarnya kenaikan modulus *bending* sebanding dengan kekuatan *bending* semakin lama perlakuan alkali maka modulus elastisitasnya tinggi, namun pada 6 dan 8 jam dikarenakan matrik sebagai bahan pengikat belum dapat mendistribusikan gaya atau beban antar serat secara merata. Lihat dalam diagram diatas

belum merata sehingga fungsi matrik sebagai pengisi volume dan pelindung serat belum maksimal.

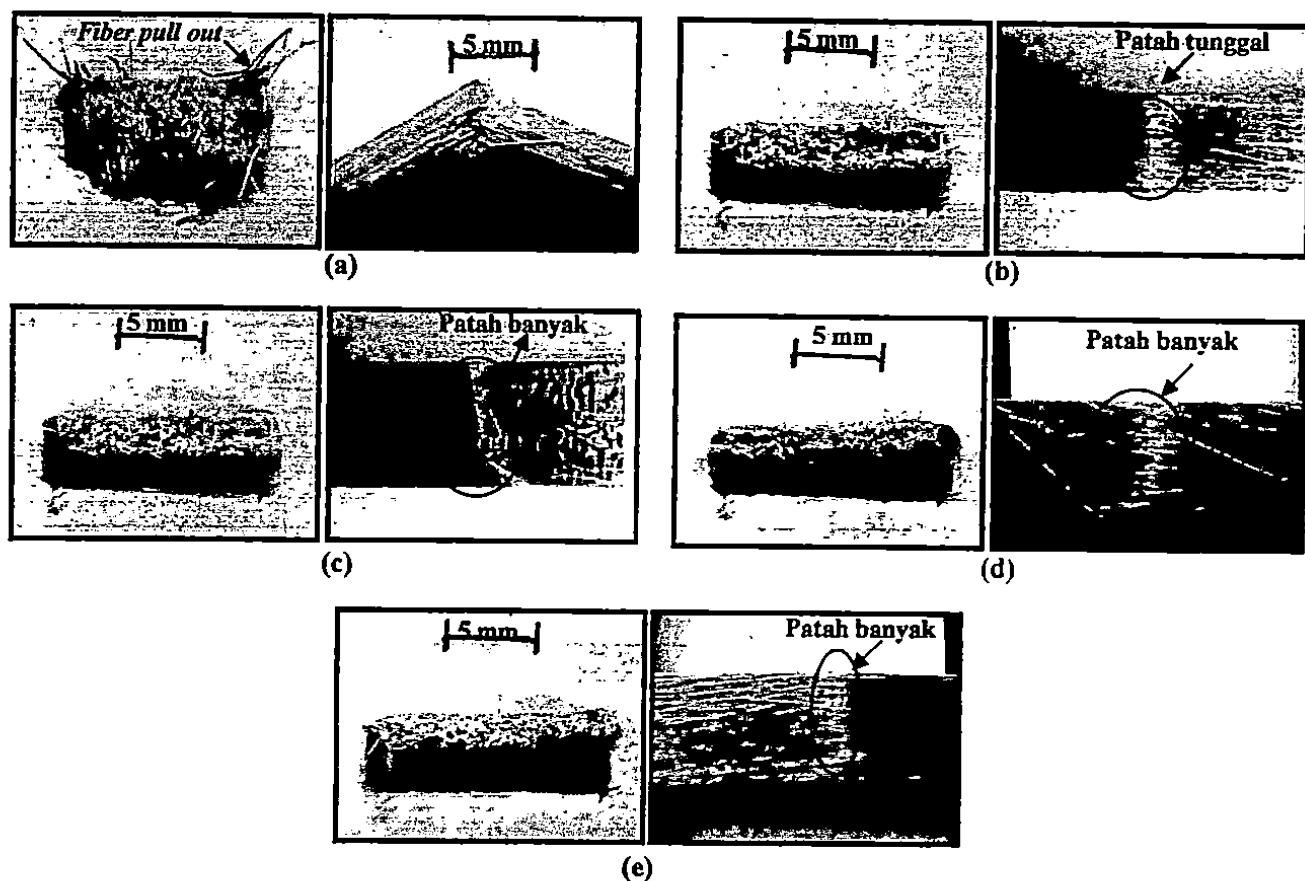


Gambar 5.6 Grafik pengaruh lama perlakuan alkali terhadap kekuatan bending komposit

- Pengaruh lama perendaman terhadap tegangan bending
- Pengaruh lama perendaman terhadap regangan bending
- Pengaruh lama perendaman terhadap modulus bending

Pengujian komposit berpenguat serat nanas-nanasan *polyester* mengalami kenaikan optimum pada perendaman 6 jam sebesar 4,39% dan turun drastis pada perlakuan alkali 4 jam sebesar 3,46%. Pada pengujian untuk regangan *bending* sebenarnya cenderung naik namun pada 4 jam perendaman alkali disebabkan karena spesimen yang keras dan getas mengakibatkan nilai defleksi pada pengujian kecil sehingga sangat berpengaruh pada penurunan regangan seperti terlihat pada profil hubungan defleksi dengan perlakuan alkali.

Pada pengamatan struktur makro dilakukan pengamatan pada penampang patahan dari benda uji. Foto penampang patah makro diambil dari spesimen uji *bending* fraksi volume yang sama dari setiap perendaman alkali, sehingga perbedaan struktur makranya jelas terlihat.. Untuk mengetahui model patahan, maka setelah diuji spesimen dirusak karena hasil dari pengujian tidak menyebabkan spesimen patah.



Gambar 5.7 Penampang patah dengan perlakuan alkali
 (a). 0 jam; (b). 2 jam; (c). 4 jam; (d). 6 jam; dan (e). 8 jam pada fraksi volume 30%

Kegagalan komposit pada pengujian *bending* dimulai dari bagian bawah akibat tegangan tarik. Kemampuan komposit pada perlakuan alkali 0 jam (gambar 5.7a), kegagalan terlihat jelas pada bagian bawah inilah yang menyebabkan terjadinya *fiber pull out* sebagai akibat dari kurang kuatnya ikatan *interface* antara serat dengan resin. Komposit tersebut selain mengalami *fiber pull out* juga

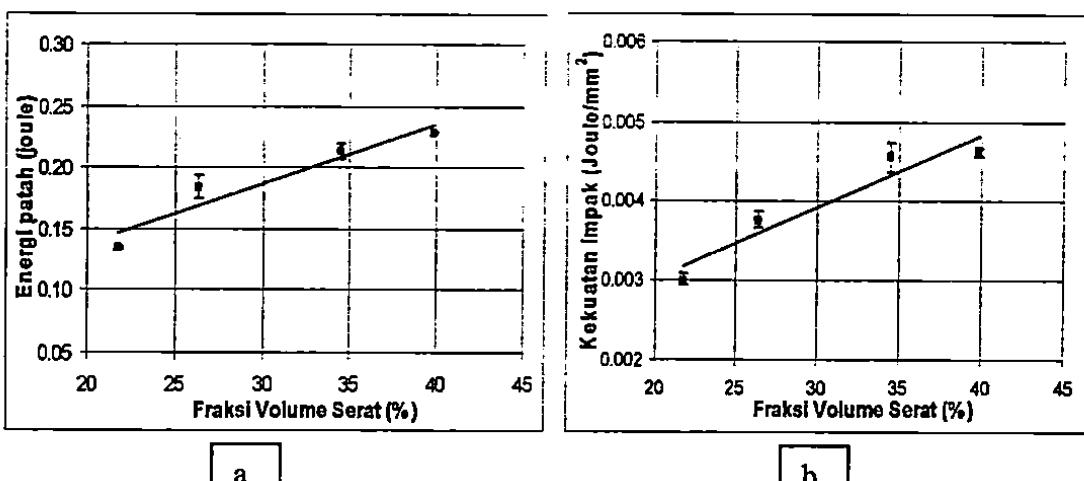
fiber pull out yang terjadi semakin sedikit (gambar 5.76b, gambar 5.7c, gambar 5.7d dan gambar 5.7e) disebabkan serat semakin halus sehingga daya rekat resin dengan serat cukup baik namun untuk kekuatan kompositnya sangat rendah.

Foto makro penampang patahan pada kekuatan *bending* optimum yang terjadi pada perlakuan alkali 6 jam (gambar 5.7) terlihat patahan yang rata yang menunjukkan ikatan mtrik dengan serat cukup kuat sehingga matrik dan serat patah bersamaan saat terjadi kegagalan, meskipun pada penampang masih juga terdapat *fiber pull out* dengan jumlah yang tidak banyak.

5.3. Pengaruh Kandungan Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit

Tabel. 5.4. Energi patah dan kekuatan impak komposit berpenguat serat nanas-nanasan kontinyu searah tanpa perlakuan alkali.

m_f (gram)	V_f (%)	Energi Patah (joule)			Kekuatan Impak (joule/mm ²)			Prosentase kenaikan (%)	
		Min	Rata-rata	Maks	Min	Rata-rata	Maks	Energi Patah	Kekuatan impak
13.32	21.76	0.13	0.13	0.13	0.0029	0.0030	0.0031	acuan	acuan
19.98	26.38	0.17	0.18	0.19	0.0037	0.0037	0.0039	26.9	20.2
26.64	34.44	0.21	0.22	0.22	0.0043	0.0046	0.0047	16.1	18.0
33.30	39.85	0.23	0.23	0.23	0.0046	0.0046	0.0047	4.4	1.1



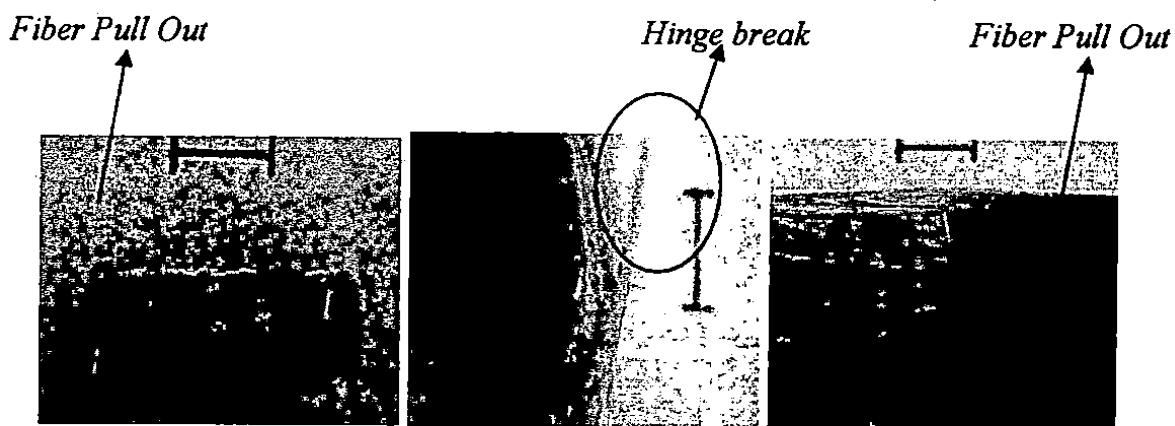
Gambar 5.8. Kurva hubungan energi dan kekuatan impak komposit berpenguat serat nanas-nanasan kontinyu searah tanpa perlakuan alkali terhadap fraksi volume serat.

Energi patah meningkat secara linier seiring dengan peningkatan fraksi

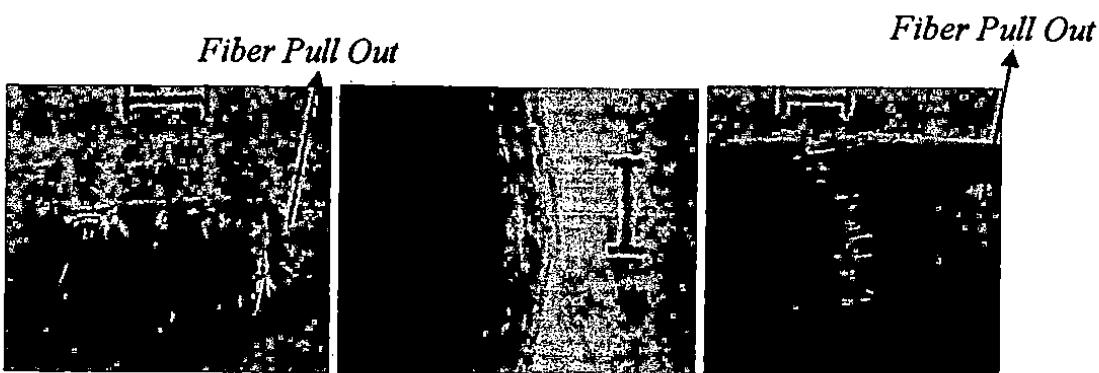
Penambahan jumlah serat menyebabkan peningkatan ketahanan komposit terhadap beban kejut pendulum. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar komposit karena serat berfungsi sebagai penguat. Selama penguat masih direkat dengan baik oleh matrik, semakin besar kandungan serat semakin besar pula kekuatan kompositnya. Ketika serat terputus karena beban kejut, matrik akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus ke serat lain yang belum putus.

Kekuatan impak juga meningkat secara linier seiring dengan penambahan fraksi volume serat. Nilai kekuatan impak dipengaruhi oleh nilai energi patah dan luas penampang komposit yang diuji. Perbedaan luas penampang, akibat kesulitan proses manufaktur ketika kandungan serat tinggi, menyebabkan perbedaan karakteristik kurva energi patah dan kekuatan impak komposit. Kekuatan impak komposit dengan kandungan serat 39.85% (v/v) tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan kekuatan impak komposit pada kandungan serat 34.44%. Namun, energi patahnya tetap menunjukkan peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan ketebalan sample uji yang sulit dikontrol ketika proses manufaktur berlangsung. Hasil ini menunjukkan bahwa kekuatan kekuatan impak komposit optimum pada kandungan serat sekitar 35%. Hal ini berlaku untuk proses manufaktur dengan metoda cetak tekan.

Analisis penampang patahan hasil uji impak *izod* komposit serat nanasan kontinyu-matrik *polyester* tanpa perlakuan alkali dilakukan pada fraksi volume serat terendah (21,76 %) dan fraksi volume serat tertinggi (39,85 %).



Gambar 5.9. Penampang patahan uji impak *izod* komposit serat nanasan kontinyu-matriks polyester tanpa perlakuan alkali



Gambar 5.10. Penampang patahan uji impak izod komposit serat nanasan kontinyu-matrik polyester tanpa perlakuan alkali pada $V_f = 39.85\%$.

Karakteristik patahan komposit pada berbagai fraksi volume serat adalah *hinge break*, seperti pada gambar 5.9. Pada fraksi volume serat 21,76 %, kandungan *fiber pull out* lebih sedikit dibandingkan dengan komposit dengan kandungan serat yang lebih besar. Komposit dengan fraksi volume serat 39,85% memiliki kegagalan *fiber pull out* yang lebih banyak karena kandungan seratnya pun lebih besar.

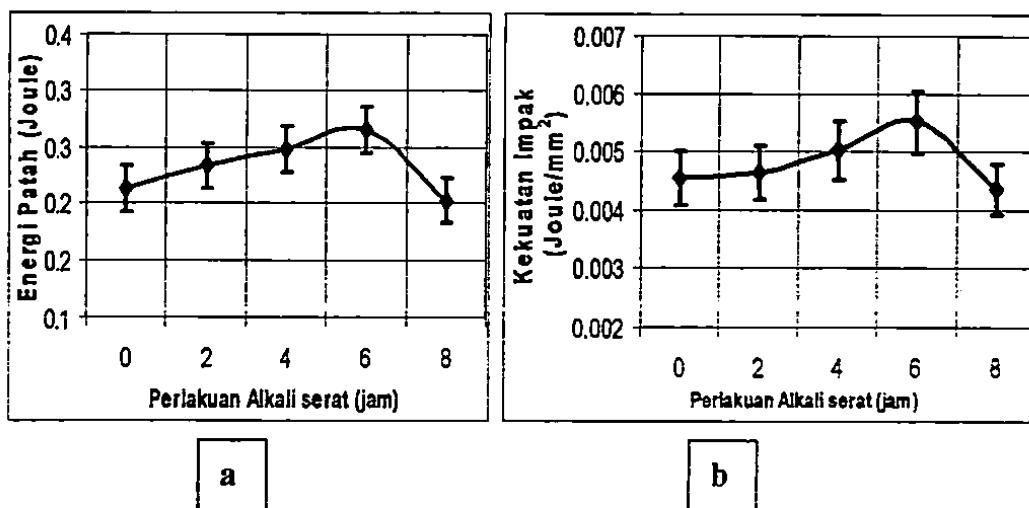
5. 4. Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Terhadap Kekuatan Impak Komposit

Tabel 5.6. Data hasil perhitungan pengujian impak komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali.

Perlakuan Alkali (Jam)	V_f (%)	Energi Serap (Joule)	Kekuatan Impak (Joule/mm)
0	33.44	0.21	0.0046
2	33.88	0.23	0.0046
4	33.22	0.25	0.0050
6	33.94	0.27	0.0055
8	32.48	0.20	0.0044

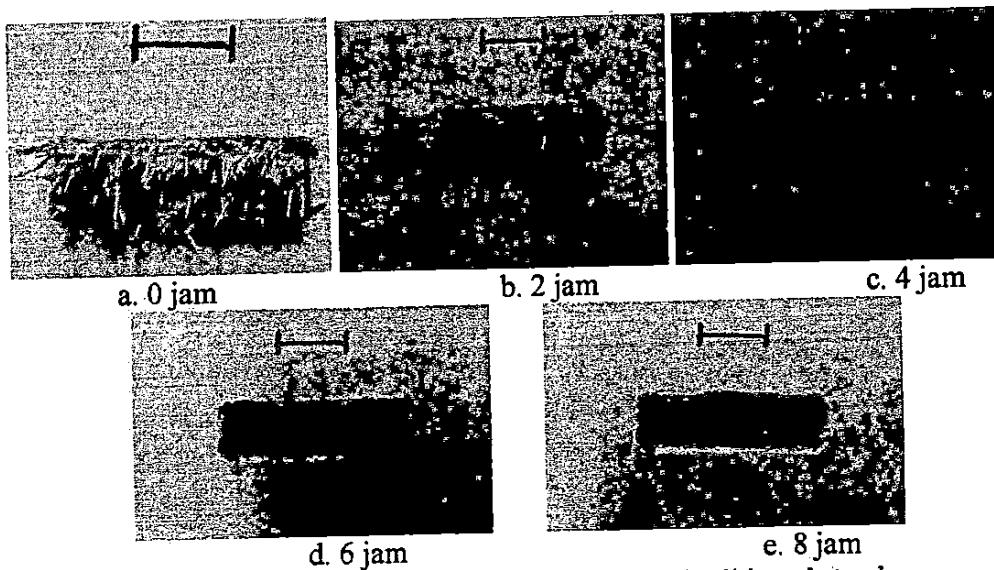
Pada pengujian komposit serat nanas-nanasan kontinyu terjadi kenaikan energi serap tertinggi pada perlakuan alkali 6 jam, seperti pada gambar 5.11. Hal ini mengindikasikan bahwa lapisan pelindung (lignin) dan kotoran-kotoran lain yang melekat pada serat sudah terlepas sehingga rekatannya dengan polyester optimal dan menghasilkan energi serap tertinggi. Pada komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali (5% NaOH) selama 0 jam, 2 jam dan 4 jam; energi serap dan kekuatan impak meningkat seiring dengan lamanya perlakuan alkali dan mencapai harga tertinggi pada komposit berenamist serat

perlakuan alkali 6 jam. Selanjutnya, pada komposit serat nanas-nanasan dengan perlakuan alkali 8 jam terjadi penurunan nilai energi serap. Hal ini menunjukkan bahwa serat mengalami kerusakan seiring dengan semakin lamanya perlakuan alkali.



Gambar 5.11. Kurva hubungan energi serap dan kekuatan impak komposit serat nanas-nanasan kontinyu searah terhadap variasi perlakuan alkali serat.

Kekuatan impak tertinggi juga terjadi pada komposit berpenguat serat perlakuan alkali 6 jam perlakuan alkali, yaitu sebesar $0,0055 \text{ J/mm}^2$. Kekuatan impak terendah terjadi pada komposit yang diperkuat serat nanas-nanasan dengan 8 jam perlakuan alkali, yaitu sebesar $0,0044 \text{ J/mm}^2$. Peningkatan kekuatan impak terjadi karena lapisan pelindung serat (lignin dan kotoran lainnya) dihilangkan oleh larutan alkali sehingga ikatan antara serat dengan matrik menjadi sangat kuat. Namun, penurunan kekuatan impak komposit pada perlakuan alkali selama 8 jam disebabkan oleh adanya kerusakan permukaan serat yang diakibatkan oleh perlakuan alkali yang terlalu lama. Jadi, serat mengalami degradasi kekuatan



Gambar 5.12. Penampang patahan komposit uji impak izod tanpa dan dengan perlakuan alkali pada fraksi volume serat sekitar 34 %.

Kegagalan semua material komposit adalah *hinge break*, dimana patahan yang terjadi adalah menggantung (tidak lepas). Pada 0 jam perlakuan alkali, serat tercabut dari matrik akibat beban impak. Hal ini mengindikasikan lemahnya ikatan matrik terhadap serat karena adanya lapisan *lignin* yang masih melekat pada permukaan serat.

Semakin lama perlakuan alkali serat, semakin sedikit jumlah serat yang mengalami kegagalan *fiber pull out*. Pada perlakuan alkali 6 jam, Jumlah serat yang tercabut saat dilakukan pengujian sangat sedikit. Hal ini mengindikasikan pada perlakuan alkali 6 jam lapisan pelindung pada serat sudah terkikis sempurna sehingga terjadi peningkatan daya rekat optimal serat terhadap matrik. Dengan perlakuan alkali 6 jam didapatkan energi serap dan kekuatan impak paling optimal. Pada 8 jam perlakuan alkali lapisan pelindung pada serat sudah terkikis sempurna, tetapi serat mengalami kerusakan akibat terlalu lamanya perlakuan alkali. Akibatnya, kekuatan kompositnya pun menjadi sangat rendah.